JOURNAL of ARCHAEOLOGY & TOURISM

P-ISSN: 2812-6378 ONLINE-ISSN: 2812-6386
Journal Home Page: https://jatmust.journals.ekb.eg/

دراسة تشخيصية لأحد الأواني الفخارية الأثرية المستخرجة من منطقة سقارة الأثرية

| Received Nov. 29th 2023 | Accepted Dec. 28th 2023 | Available online Jan. 1st 2024 |
| DOI 10.21608/jatmust.2024.261994.1031 |

سالم عبد البصير عبد الستار
باحث ماجستير كلية الآثار جامعة الفيوم
معيد بقسم ترميم وصيانة الآثار
كلية الآثار والإرشاد السياحي
جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا
6 أكتوبر، مصر
salim.mahmoud@must.edu.eg

أ.د. نجوى سيد عبد الرحيم
أستاذ ترميم وصيانة الآثار
كلية الآثار – جامعة الفيوم
nsa00@fayoum.edu.eg

أ.م.د. ياسر كمال حفني
أستاذ مساعد ترميم وصيانة الآثار
كلية الآثار والإرشاد السياحي–
جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا
6 أكتوبر، مصر
yasser.kamal@must.edu.eg

الملخص

يعتبر الفخار من أقدم المواد التي عرفها الإنسان القديم في شتى بقاع العالم، ويرجع السبب في ذلك إلى توافر المادة الخام المستخدمة في صناعته، وسهولة تشكيلها في صورة أشكال مجوفة تستخدم في حفظ الطعام والشراب والاحتياجات الأخرى اللازمة لمتطلبات الحياة اليومية. وتزخر المواقع والمخازن والمتاحف الأثرية بالعديد من الآثار الفخارية، والتي تعد من أكثر المعثورات شيوعاً في الحفائر الأثرية. ولسوء الحظ فإن الآثار الفخارية تتعرض للعديد من عوامل التلف الفيزيوكيميائية والميكانيكية قبل وأثناء وبعد الكشف عنها، مما يعرضها للكثير من مظاهر التلف مثل التشويه والتفتت والتشرخ والتهشم. ويمثل الإناء الفخاري موضوع الدراسة أحد الأواني الفخارية التي تم العثور عليها في حفائر جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا بموقع تبة الجيش بمنطقة سقارة الأثرية. ويقدم هذا البحث دراسة تحليلية لمظاهر تلف الإناء موضوع الدراسة، حيث تفيد هذه الدراسة بشكل كبير في التعرف السليم على نواتج ومظاهر تلف الإناء، مما يساهم ذلك بدرجة كبيرة في التشخيص الدقيق لحالة الأثر، ومن ثم وضع خطة علمية مناسبة للترميم والصيانة.

الكلمات الدالة:

الفخار، سقارة، الدراسة البتروجرافية، الفحص الميكروبيولوجي، التحليل بحيود الأشعة السينية.

JOURNAL of ARCHAEOLOGY & TOURISM

P-ISSN: 2812-6378 ONLINE-ISSN: 2812-6386
Journal Home Page: https://jatmust.journals.ekb.eg/

A DIAGNOSTIC STUDY OF AN ARCHAEOLOGICAL POTTERY JAR DISCOVERED AT SAQQARA

| Received Nov. 29th 2023 | Accepted Dec. 28th 2023 | Available online Jan. 1st 2024 |
| DOI 10.21608/jatmust.2024.261994.1031 |

Salim Abd El-basser
MA Researcher
Faculty of Archaeology
Fayoum University
&
Faculty of Archaeology and Tourism Guidance - Misr University for Science and Technology
Salim.mahmoud@must.edu.eg

Prof. Nagwa Sayed Abdelraheem
Professor of restoration and conservation of antiquities
Faculty of Archaeology
Fayoum University
nsa00@fayoum.edu.eg

Dr. Yasser Kamal Hefni
Faculty of Archaeology and Tourism Guidance - Misr University for Science and Technology
yasser.kamal@must.edu.eg

ABSTRACT

Archaeological sites, stores and museums contain a lot of pottery relics, which are among the most common finds in archaeological excavations. Unfortunately, the archaeological pottery is exposed to many physical, chemical and mechanical damage factors before, during and after their discovery, which exposes them to many aspects of damage. The studied pottery jar represents one of the pottery vessels that were found in the excavations of Misr University of Science and Technology at Geish Hill site in the Saqqara archaeological area. This research presents an analytical study of the damage aspects that affect the studied jar. This study is greatly beneficial in properly identifying the products of damage, and therefore highly contributes to the accurate diagnosis of the condition of the antiquity, and then developing an appropriate scientific plan for restoration and maintenance.

KEYWORDS:
Pottery, Saqqara, Petrographic study, Microbiological examination, X-ray diffraction analysis, Deferential thermal analysis

مقدمة

يعتبر الفخار من أقدم المواد التي عرفها الإنسان القديم في شتى بقاع العالم، ويرجع السبب في ذلك إلى توافر المادة الخام المستخدمة في صناعته، وسهولة تشكيلها في صورة أشكال مجوفة تستخدم في حفظ الطعام والشراب والاحتياجات الأخرى اللازمة لمتطلبات الحياة اليومية. ويعتبر نهر النيل من العوامل الرئيسية التي لعبت دوراً كبيراً في قيام صناعة الفخار في مصر، حيث ثبت أن أجود أنواع الطينات المستخدمة في صناعة الفخار والموجودة في التلال الواقعة على ضفتي الوادي ما هي إلا نتاجاً لما حملته مياه النيل من غرين أو طمي من أعالي الوادي في موسم الفيضان عاماً بعد عام. ومن المحتمل أن اهتداء المصري القديم لصناعة الفخار، كان نتيجة ملاحظته لتغير خصائص الطمي وتحوله إلى مادة صلبة ذو لون أحمر تحت تأثير الحرارة الناتجة عن مواقد النار التي كان يستخدمها، وباستمرار الملاحظة أدرك أن الحرارة تؤثر في الطين وتحوله إلى مادة صلبة ذو لون أحمر (محمد إبراهيم 1991، 2-3). هذا ونظراً لوفرة المادة الخام الأساسية المستخدمة في صناعة الفخار (الطين أو الطفلة)، فقد شاعت صناعة الفخار في مصر القديمة، وتم تطويعها للاستخدام في الأغراض المختلفة، مثل صناعة الأواني والقدور والجرار أو حتى صناعة التوابيت والتماثيل وغيرها. وتعد الآثار الفخارية من أهم نوعيات الآثار التي تزخر بها المتاحف والمخازن والمواقع الأثرية، حيث يمثل الفخار أكثر المعثورات شيوعاً في الحفائر الأثرية، ولسوء الحظ فإن الآثار الفخارية تتعرض للعديد من عوامل التلف الفيزيوكيميائية والميكانيكية قبل وأثناء وبعد الكشف عنها، مما يعرضها للكثير من مظاهر التلف (Paterakis 1987, 67)، (Buys and Oakley 1996 20-24) (Hodge, 1986, 147)، (حمدي محمد 2021، 26-27)، (نجوى سيد 2003، 83-84)، (Torraca 2009, 90)، (Lewislay 1991, 5)، (الشيماء عبد الرحيم 2003، 88). ويمثل الإناء الفخاري موضوع الدراسة أحد الأواني الفخارية التي تم العثور عليها في حفائر جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا بموقع تبة الجيش بمنطقة سقارة الأثرية، وبدراسة السمات الفنية للإناء، يرجح أنه يعود إلى عصر الدولة الحديثة تحديداً (الأسرة الثامنة عشرة). والإناء مزخرف في معظم أجزائه بخطوط دائرية عرضية باللونين الأسود والأحمر، تقسم الإناء إلى أفاريز دائرية عرضية. وهذه الأفاريز الناتجة عن خطوط التحديد ملونة باللون الأزرق الفاتح وخالية من أي زخارف، فيما عدا الإفريز الثاني من أسفل به بعض الزخارف منفذة بخطوط تحديد سوداء، وهي عبارة عن خطوط رأسية تتصل نهاياتها السفلية ببعضها البعض. وللأسف، فإن هذا الإناء يحتوي على العديد من مظاهر التلف مثل الاتساخ والتشويه والتشرخ والكسر والتهشم وتبلور الأملاح ونمو الكائنات الحية الدقيقة.

ويقدم هذا البحث دراسة تحليلية للإناء موضوع الدراسة ومظاهر التلف الموجودة به، حيث تفيد هذه الدراسة بدرجة كبيرة في تشخيص حالة الإناء موضوع الدراسة، وبالتالي وضع خطة علمية مناسبة لعمليات الترميم والصيانة.

صورة رقم (1): توضح الإناء الفخاري موضوع الدراسة.

2. المواد والطرق المستخدمة في الدراسة Materials and Methods

2. 1 العينات Samples

تم تنفيذ الدراسة التحليلية على بعض العينات الفخارية التالفة والمتساقطة من الإناء الفخاري، وذلك باستخدام أساليب الفحص والتحليل غير المتلفة.

2. 2 الفحص البصري Visual Examination

يعتبر الفحص البصري (بالعين المجردة)، أول مراحل الفحص وأبسطها في دراسة المواد الأثرية المختلفة سواء في المعامل أو في المواقع الميدانية. ويساهم الفحص البصري في التعرف المبدئي على مادة الأثر ومكوناتها، وكذلك التعرف بشكل مبدئي على مظاهر التلف الموجودة بها، حيث يمكن من خلالها التعرف على الطرق المستخدمة في عمليات تشكيل الأواني، فضلاً عن التعرف على نسيج الإناء سواء كان خشناً أو دقيقاً. إلا أن عملية الفحص البصري تعتمد بشكل كبير على الخبرة والمران الطويل في هذا المجال. هذا وقد استعان الباحث في عمليات الفحص البصري للإناء الفخاري موضوع الدراسة، وكذلك نواتج التلف الموجودة بها بمجموعة من العدسات المكبرة (ذات الأشكال والأحجام المختلفة)، ووسائل الإضاءة المناسبة والتي أمكن من خلالها رؤية بعض التفاصيل والمكونات الصغيرة مما أعطي انطباعا مبدئياً عن حالة الإناء ونواتج التلف الموجودة بها.

2. 3 الفحص بالميكروسكوب الرقمي USB Digital Microscope

تم استخدام الميكروسكوب الرقمي المحمول USB Digital Microscope Product Specifications china, 500x فى فحص مكونات الإناء الفخاري موضوع الدراسة، حيث لا

يتطلب الفحص بهذا الميكروسكوب أخذ عينة من الأثر، ويفيد هذا الفحص فى التعرف على مظاهر التلف بدقة كبيرة مثل الشروخ الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة، وبللورات الأملاح الموجودة على السطح أو فى الشروخ والشقوق أو أسفل الطبقات المنفصلة، وغيرها من مظاهر التلف.

2. 4 الفحص باستخدام الميكروسكوب المستقطب Polarizing microscope

يعد الميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope، من أهم الوسائل العلمية الحديثة المستخدمة في الفحص ودراسة الأنواع المختلفة من المواد المتبلورة. ويعتمد الأساس العلمي للميكروسكوب المستقطب، على استخدام الضوء المستقطب Polarized light في اختبار ودراسة الخصائص البصرية للمواد، بدلاً من استخدام الضوء العادي Normal light، حيث يتذبذب الضوء المستقطب في اتجاه محددة أو مستوي واحد، مما يساهم بشكل كبير في دراسة الخصائص البصرية المميزة للمعادن المختلفة والتي لا يمكن رؤيتها أو اختبارها بواسطة الضوء العادي. وقد استخدم الميكروسكوب المستقطب ماركة *Nikon eclipse LV100POL*، في دراسة الخصائص البتروجرافية للعينات الفخارية موضوع الدراسة.

2. 5 الفحص بالميكروسكوب الالكتروني الماسح Scanning electron microscope

تم استخدم الميكروسكوب الالكتروني الماسح في دراسة وفحص الخصائص المورفولوجية للإناء الفخاري موضوع الدراسة، وكذلك لمعرفة مدي التلف الذي يعتريها نتيجة تعرضها للضغوط الميكانيكية والتحولات المعدنية المختلفة. ويتمثل نوع الجهاز وظروف التشغيل فيما يلي:-

SEM Model Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) attached with EDX Unit, with accelerating voltage 30 K. V., magnification 14x up to 1000000 and resolution for Gun.1n) FEI Company, Netherlands.

2. 6 الفحص الميكروبيولوجي Microbiological examination

تم إجراء الفحص الميكروبيولوجي (بمعامل الميكروبيولوجي- جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا) للتعرف الدقيق على أنواع الميكروبات التي تصيب الإناء الفخاري موضوع الدراسة. وتمت خطوات الفحص الميكروبيولوجي على النحو التالي:-

2. 6. 1 أخذ المسحات Taking of swabs

تم أخذ عدة مسحات من على أسطح الإناء الفخاري المصاب بالتلف الميكروبيولوجي، وذلك باستخدام ماسح من القطن المعقم والمبلل بقليل من الماء المقطر، حيث يتم تمريره على السطح المصاب، ثم يحفظ سريعاً داخل أنبوب معقم، ويلف بورق الألومنيوم لضمان عدم تلوثه من الجو المحيط، وبعد ذلك تنقل هذه الأنابيب إلى المعمل، لتتم عملية التحضين على البيئات الغذائية المناسبة.

2. 6. 2 زراعة المسحات Cultivation of swabs

تم زراعة المسحات على بيئات غذائية مناسبة لنمو كل من الفطريات والبكتريا، حيث استخدمت بيئة Czapeck – Dox medium لتنمية الفطريات، وبيئة الآجار المغذي Nutrient agar medium لتنمية البكتريا. ويوضح الجدولان (1)،(2): مكونات هاتين البيئتين.

جدول (1): يوضح مكونات بيئة Czapeck – Dox medium المستخدمة لتنمية الفطريات.

Czapeck – Dox medium composition	
Ingredients	**Gram/litre of distilled water**
Sucrose	**30**
Sodium nitrate	**3**
Dipotassium phosphate	**1**
Magnesium sulphate	**0.5**
Potassium chloride	**0.5**
Ferrous sulphate	**0.01**
Agar	**15**

جدول (2): يوضح مكونات بيئة Nutrient agar medium المستخدمة لتنمية البكتريا.

Nutrient agar medium composition	
Ingredients	**Gram/litre of distilled water**
Peptone	**5**
Sodium chloride	**5**
Beef extract	**3**
Agar	**15**

ولقد تم زراعة المسحات الميكروبية على النحو التالي:-

- تحضير البيئات الغذائية بإذابة المكونات السابقة في لتر ماء مقطر، وتسخينها حتى الغليان لحدوث الإذابة الكاملة.
- تعقيم البيئات الغذائية عند درجة حرارة 121°م، لمدة 15 دقيقة.
- صب البيئات الغذائية (تحت ظروف التعقيم) في أطباق بتري، وتركها حتى تتصلد.

- زرع المسحات الميكروبية على أسطح البيئات، وتحضينها لمدة 7 أيام عند درجة حرارة 28: 30° م.

2. 6. 3 العزل والتنقية Isolation and Purification

تبدأ مرحلة العزل والتنقية بعد الانتهاء من فترة التحضين، بغرض الحصول على نموات ميكروبية نقية لكل نوع من أنواع الفطريات والبكتريا التي نمت علي البيئات الغذائية السابقة في صورة مزارع مختلطة Mixed cultures. وتمت عملية العزل والتنقية بفصل كل نوع من أنواع الفطريات والبكتريا، وزراعتها من جديد على بيئات غذائية لها نفس المكونات السابق ذكرها، ثم تحضن هذه البيئات لمدة 7 أيام عند درجة حرارة 28 : 30° م، وتكرر هذه العمليات حتى نحصل على الكائن في صورة نقية، بحيث يسهل التعرف عليه بشكل دقيق.

2. 6. 4 التعريف Identification

بعد انتهاء فترة التحضين للنموات الميكروبية النقية لكل من الفطريات والبكتيريا، تم تجهيزها في صورة شرائح ميكروسكوبية تحت ظروف تعقيم مثلى. وبعد ذلك تم فحص هذه الشرائح باستخدام ميكروسكوب تباين الأطوار Phase contract microscope والذي أمكن من خلاله التعرف على أنواع الفطريات والبكتريا، بعد دراسة خصائصها المورفولوجية ومقارنتها بالخصائص المورفولوجية القياسية في المراجع العلمية المتخصصة في تعريف الكائنات الحية الدقيقة.

2. 7 التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية X-ray diffraction

تم استخدام هذه الطريقة في التعرف على المعادن المكونة للإناء الفخاري موضوع الدراسة، وبعض مظاهر التلف بها، وذلك باستخدام جهاز التسجيل الآلي الديفراكتوميتر Diffractometer (بمعامل كلية النانو تكنولوجي للدراسات العليا – جامعة القاهرة) ماركة Bruker D8 Discover instrument، وظروف التشغيل التالية:-

Diffractometer Type: PW1840, Tube anode: Cu, Generator tension (KV): 40, Generator Current (mA): 25, Wavelength Alpha1(Å): 1.54056, Wavelength Alpha2(Å): 1.54439, Intensity ratio (Alpha2 / Alpha1): 0.500, Receiving slit: 0.2, Monochromator used: NO.

2. 8 التحليل باستخدام وحدة تشتت الطاقة Analysis using EDS unit

يتميز الميكروسكوب الالكتروني الماسح باحتوائه على وحدة تشتت للطاقة Energy Dispersive X-Ray Spectrometer، يمكن استخدامها في عمل تحليل عنصري كيفي وكمي للعناصر الموجودة بالعينات التي يتم فحصها. ولقد تم إجراء هذا التحليل باستخدام جهاز Quanta

250 FEG للتعرف بدقة على العناصر المكونة للعينات الفخارية المأخوذة من الإناء، حيث تبين احتواء العينات.

2. 9 التحليل الحراري التفاضلي Differential Thermal Analysis

استخدم التحليل الحراري التفاضلي لمعرفة درجة حرارة حرق الإناء الفخاري موضوع الدراسة، وذلك باستخدام جهاز ماركة DTA-50-SHIMADZU-Under N_2: Differential Thermal Analyzer atmosphere-Japan.

3. النتائــج والمنــاقشـة Results and Discussion

3. 1 الملاحظة البصرية Visual observation

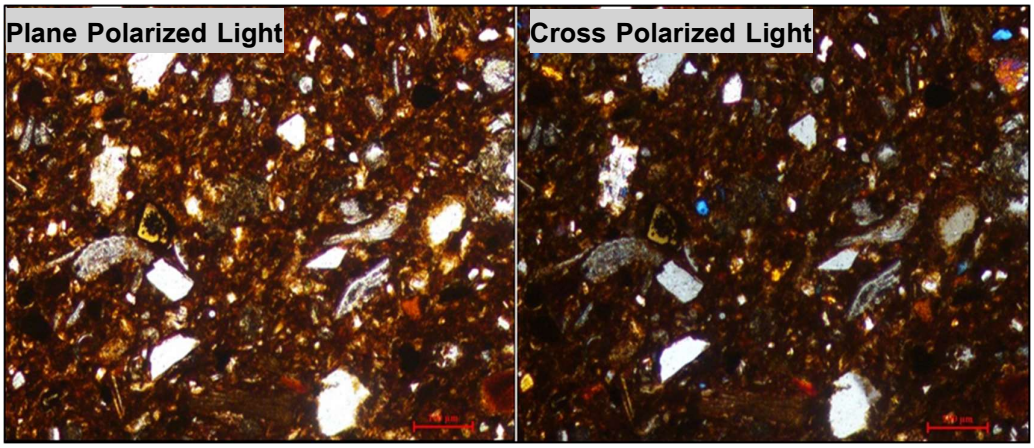
تبين من خلال الفحص البصري للإناء موضوع الدراسة أنه يحتوي على العديد من مظاهر التلف والتي من أهمها الاتساخ والتشويه وتبلور الأملاح، وتفتت الحبيبات المعدنية، والتقشر السطحي، والتشرخ، وفقد بعض الأجزاء، وبهتان واضمحلال الألوان.

صورة رقم (2): توضح بعض مراحل الفحص البصري للإناء الفخاري ومظاهر التلف به.

3. 2 الدراسة البتروجرافية Petrographic study

أوضحت الدراسة البتروجرافية بالميكروسكوب المستقطب للفخار موضوع الدراسة، وجود الكوارتز بأحجام مختلفة كأحد المكونات الأساسية، ووجود التبن المقرط، بالإضافة إلى تواجد بعض الحفريات الفوسفاتية نتيجة وجودها مع الطين. كما ظهر وجود نسبة من معدن الكالسيت ومسحوق الفخار

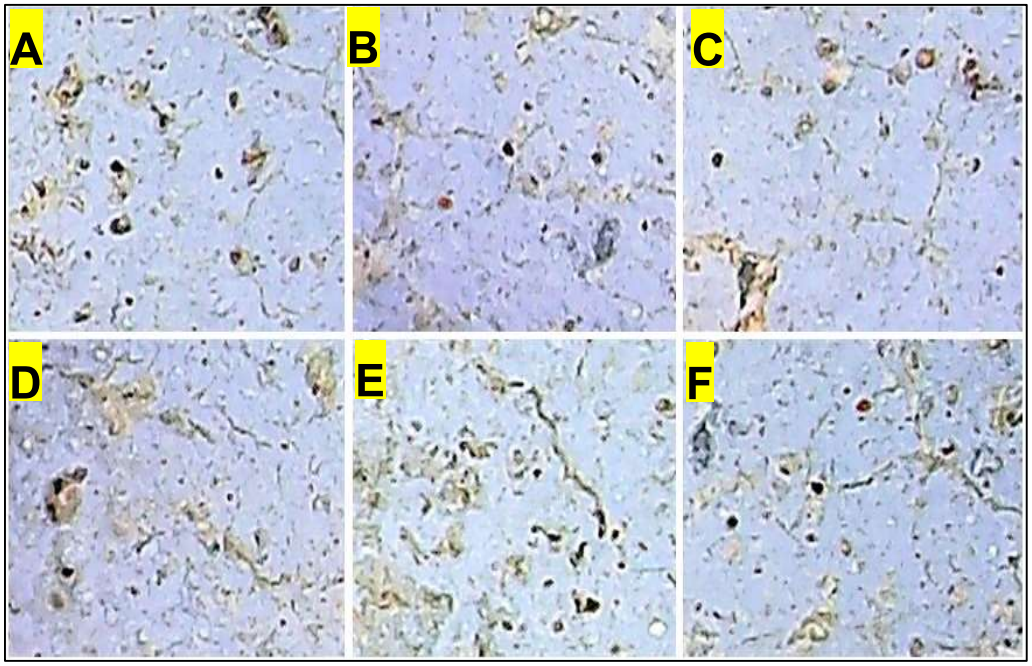
اللذان استخدما كمادة مالئة لتحسين خواص الطفلة المستخدمة في صناعة الإناء، بالإضافة الى وجود نسبة من معادن البيروكسين والميكا، مع وجود أكاسيد الحديد الممثلة في طبقة الطفلة الحمراء. أنظر الصورة رقم (3).



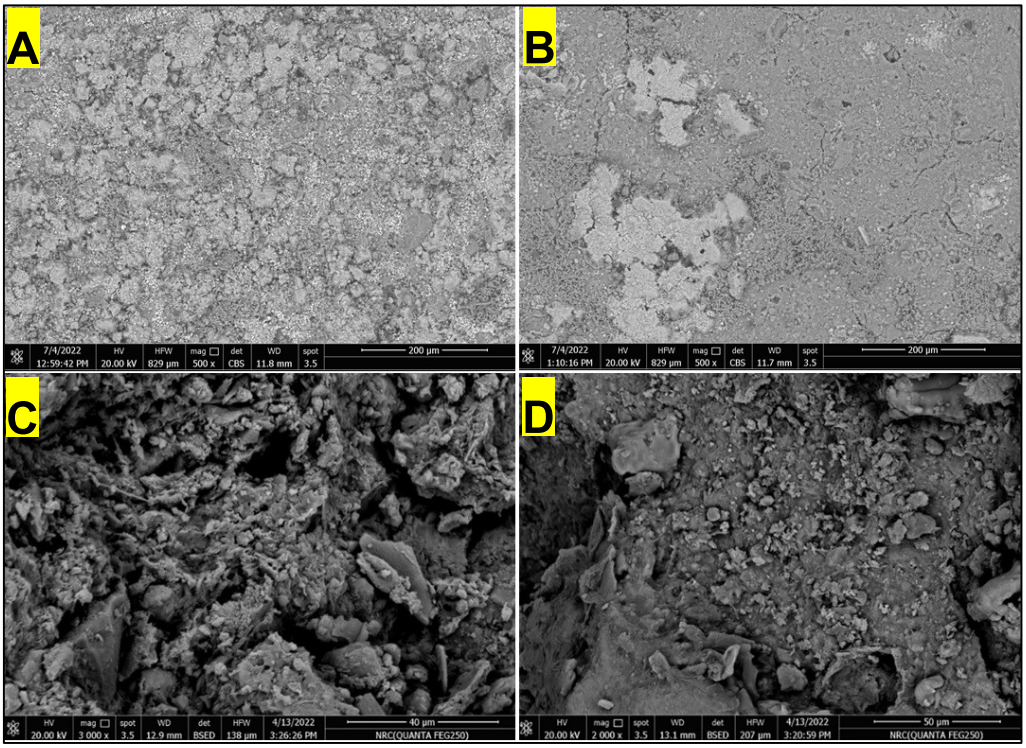
صورة رقم (3): توضح انتشار بعض الحفريات مع وجود بللورات الكالسيت.

3. 3 الفحص المورفولوجي Morphological Examination

تم دراسة الخصائص المورفولوجية للإناء الفخاري موضوع الدراسة باستخدام الميكروسكوب الرقمي والميكروسكوب الإلكتروني الماسح، وذلك للتعرف على مظاهر التلف غير الظاهرة للعين المجردة، وإعطاء صورة عامة لنواتج التلف المختلفة المتراكمة على السطح. حيث تبين من خلال الفحص بالميكروسكوب الرقمي تقشر وانفصال طبقة البطانة الخارجية مع سقوط أجزاء من اللون الأزرق مع وجود بعض النقر والشروخ الدقيقة المنتشرة على سطح البطانة، بالإضافة لنقرات أو بثرات نتيجة عيوب الصناعة)، وكذلك تزهر الأملاح على اللون الأسود والأحمر والأسود. أنظر الصورة رقم (4). كما إتضح من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح لعينات الفخار المأخوذة من الإناء الفخاري، وجود تأكل شديد في أسطح الحبيبات، بالإضافة إلى وجود الفجوات والبثرات والتشققات الدقيقة، وتبلور الأملاح، فضلاً عن وجود بعض نواتج التلف على أسطح الفخار، كما توضحها الصورة رقم (5).



صورة رقم (4): تبين مظاهر التلف الموجودة على عدة أجزاء من الإناء، **(A, B, C, D, E, F)** بعض الشروخ الدقيقة المنتشرة على سطح البطانة، بالإضافة لنقرات أو بثرات نتيجة عيوب الصناعة.



صورة رقم (5): تبين من خلال الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح **(A, B, C, D)**. **(A)** وجود بللورات الأملاح الدقيقة على سطح الفخار، **(B)** توضح بعض الشروخ الدقيقة والتصاق نواتج التلف مع السطح، **(C)** توضح التآكل السطحي والتفكك الحبيبي، **(D)** وجود بللورات الأملاح الدقيقة على سطح الفخار، وبقايا التبن المقرط مع وجود بعض الفجوات الكبيرة.

3. 4 الفحص الميكروبيولوجي Microbiological examination

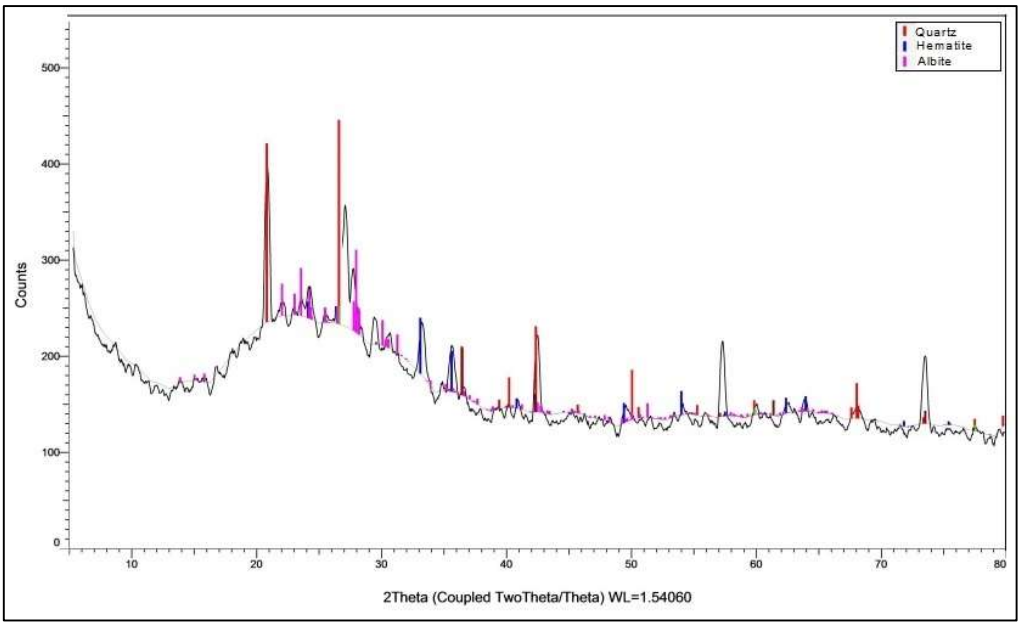
إتضح من خلال الفحص الميكروبيولوجي للمسحات الميكروبية التي أخذت من على أسطح الإناء موضوع الدراسة، أنها تتكون بشكل أساسي من فطريات Aspergillus niger، Penicillium sp، وبكتريا Cocci.

جدول (3): يوضح أنواع الفطريات والبكتريا التي تم التعرف عليها من خلال الفحص الميكروسكوبي.

No.	Type of microorganism	Name of microorganism
1	Fungi	Aspergillus niger
2	Fungi	Penicillium sp
3	Bacteria	Cocci

3. 5 التحليل المعدني Mineralogical analysis

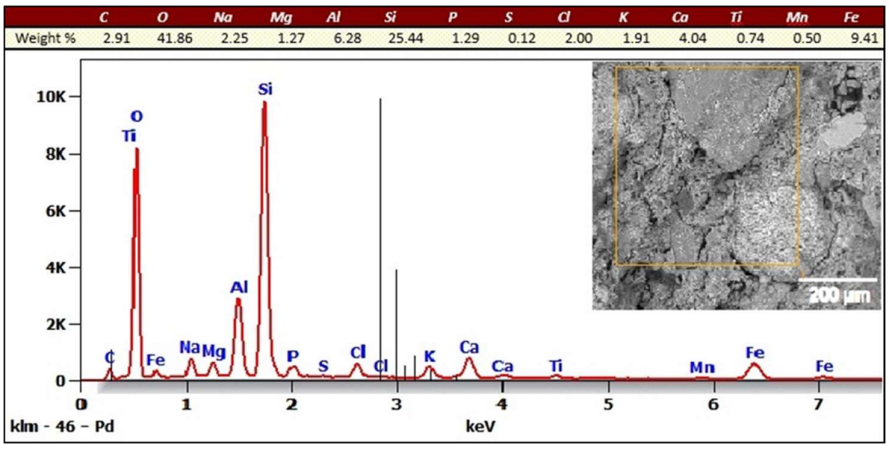
اتضح من خلال الدراسة بطريقة حيود الأشعة السينية للعينات الفخارية، أنها تتكون بصفة أساسية من الكوراتز والهيماتيت والألبيت، أنظر الشكل رقم (1).



شكل رقم (1): تظهر نمط التحليل بحيود الأشعة السينية XRD.

3. 6 التحليل باستخدام وحدة تشتت الطاقة Analysis using EDS unit

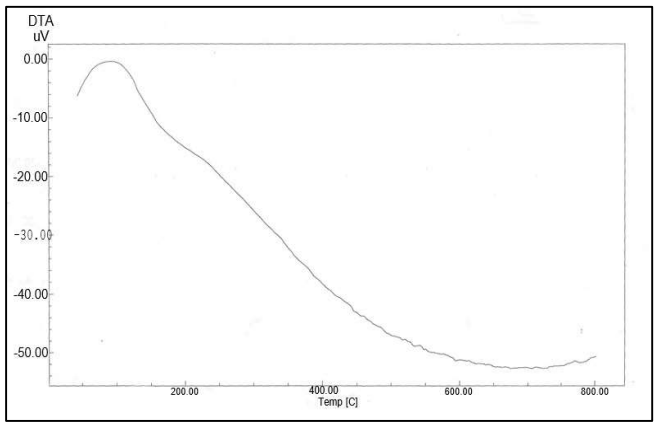
أوضح التحليل العنصري باستخدام وحدة تشتت الطاقة احتواء العينات الفخارية علي عناصر السليكون والأكسجين والألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والماغنيسيوم والحديد، بالإضافة إلي الكلور والكربون ضمن نواتج التلف. أنظر الشكل رقم (2). وقد جاءت نتائج التحليل بالميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتت الطاقة، مؤكدة لنتائج التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية وخاصة فيما يتعلق بنواتج التلف، حيث تبين من خلال النتائج احتواء العينات الفخارية على عناصر الصوديوم والكلور وهو ما يؤكد وجود ملح الهاليت (كلوريد الصوديوم) وكذلك عناصر الإكسجين والكالسيوم والكبريت مما يؤكد وجود ملح الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية).



شكل رقم (2): يوضح نمط تحليل عينة من الإناء الفخاري موضوع الدراسة باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتت الطاقة.

3. 7 التحليل الحراري التفاضلي Differential Thermal Analysis

أظهرت نتائج التحليل الحراري التفاضلي لعينة الفخار موضوع الدراسة، أن درجة حرارة الحرق للإناء 850مْ.



شكل رقم (3): يبين نتيجة التحليل بطريقة DTA لعينة من بدن الإناء.

4. الخلاصة Conclusion

يعد الإناء الفخاري موضوع الدراسة من مكتشفات حفائر جامعة مصر للعلوم والتكنولوجيا بمنطقة تبة الجيش بسقارة. ولقد استخدم العديد من أساليب الفحص والتحليل للتعرف على التركيب الكيميائي والمعدني للإناء الفخاري، وكذلك للتعرف على مظاهر التلف المختلفة التى يعانى منها. وقد تبين من بالميكروسكوب الرقمي والميكروسكوب الالكتروني الماسح، وجود العديد من مظاهر التلف والتي من أهمها الاتساخ والتشويه وتبلور الأملاح، وتفتت الحبيبات المعدنية، والتقشر السطحي، والتشرخ، وفقد بعض الأجزاء، وبهتان واضمحلال الألوان. وإتضح من خلال الفحص بالميكروسكوب المستقطب وجود الكوارتز بأحجام مختلفة كأحد المكونات الأساسية، ووجود التبن المقرط، بالإضافة إلى تواجد بعض الحفريات الفوسفاتية نتيجة وجودها مع الطين. كما ظهر وجود نسبة من معدن الكالسيت ومسحوق الفخار اللذان استخدما كمادة مالئة لتحسين خواص الطفلة المستخدمة في صناعة الإناء. وتبين من خلال الفحص الميكروبيولوجي للمسحات الميكروبية التي أخذت من على أسطح الإناء موضوع الدراسة، أنها تتكون بشكل أساسي من فطريات Aspergillus niger، Penicillium sp، وبكتريا Cocci. وأظهر التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية للعينات الفخارية، أنها تتكون بصفة أساسية من الكوراتز والألبيت والهيماتيت. وأوضح التحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتت الطاقة احتواء العينات الفخارية علي عناصر السليكون والأكسجين والألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والماغنيسيوم والحديد، بالإضافة إلي الكبريت والكلور ضمن نواتج التلف، وهو ما يؤكد وجود أملاح الهاليت والجبس. وتعتبر نتائج هذه الدراسة خطوة أساسية لفهم مظاهر تلف الإناء الفخاري، وتفيد بشكل كبير في وضع خطة علمية سليمة للعلاج والصيانة.

قائمة المراجع

الشيماء عبد الرحيم عبد الرحمن، *دراسة تقنية وعلاج وصيانة الآثار الفخارية القبطية الملونة تطبيقاً على بعض النماذج الفخارية من المتحف القبطي،* رسالة ماجستير، قسم ترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2003.

حمدي محمد محمد محمد، *دراسة تجريبية لتقييم كفاءة المواد التقليدية والنانوية المستخدمة في تقوية وحماية الآثار الفخارية تطبيقاً على نماذج مختارة،* رسالة دكتوراه، قسم ترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2021.

محمد محمد مصطفى إبراهيم، *دراسة لأنواع الفخار والسيراميك خلال العصور المختلفة فى مصر مع ترميم وصيانة قطع فخارية أثرية،* رسالة ماجستير، قسم ترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 1991.

نجوى سيد عبد الرحيم محمد، *دراسة علمية لعلاج وصيانة المواد المصنعة المستخدمة فى تزيين المشغولات الأثرية فى مصر القديمة خلال الدولة الحديثة والعصر المتأخر*، رسالة دكتوراه، قسم ترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2003.

Buys, S., and Oakley V., (1996)*, the conservation and Restoration of Ceramic,* Victoria and Albert Museum, London, IFAO Bibliotheque, 1996.

Hodge, H. W., (1986), *The conservation treatment of ceramics in the field, in situ Archaeological conservation, edited by Hodge, H. W.,* U. S. A., 1986, p. 147.

Lewislay, B. S. C., (1991), *Corrosion resistance of technical Ceramics,* Division of Materials Metrology, National Physical Laboratory, London, 1991.

Paterakis, A. B., (1987), *The deterioration of ceramics by soluble salts and methods for monitoring their Removal, in: Recent advances in the conservation and Analysis of artifacts,* summer schools press, University of London, 1987.

Torraca, G., (2009), *Lectures on materials science for architectural conservation*, the Getty Conservation Institute, 2009.